

## ⑫ 公開特許公報(A) 平4-148814

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)5月21日

G 01 B 11/00

H

7625-2F

G 01 C 11/26

H

7625-2F

G 01 C 3/06

A

9008-2F

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全13頁)

⑭ 発明の名称 非接触型測定装置

⑯ 特 願 平2-274324

⑰ 出 願 平2(1990)10月12日

⑱ 発 明 者 和 田 隆 志 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

⑲ 出 願 人 株式会社豊田中央研究所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

⑳ 代 理 人 弁理士 布施 行夫 外1名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

非接触型測定装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 少なくとも2個以上のマークを配した姿勢検出用マークパターン光を被検査物の表面に向け投影するパターン投影手段と、

前記パターン投影手段と所定の位置関係を持つよう配置され、被検査物の表面で反射されたマークパターン光を2次元情報として撮像する撮像手段と、

撮像されたマークパターン光に含まれる各マークの2次元座標に基づき、前記被検査物の表面に対する角度及び距離を姿勢情報として演算する姿勢演算手段と、

を含むことを特徴とする非接触型測定装置。

(2) 請求項(1)において、

演算された姿勢情報に基づき、前記パターン投影手段及び撮像手段の前記被検査物の表面に対する姿勢が所定の基準姿勢となるよう、両者の位置

を相対制御する姿勢制御手段を含むことを特徴とする非接触型測定装置。

(3) 請求項(2)において、

前記パターン投影手段は、基準姿勢に姿勢制御された前記被検査物の表面に対し、所定の表面性状検出パターン光を投影するよう形成され、

前記撮像手段は、被検査物の表面で反射された表面性状検出パターン光を2次元及び光学情報として撮像し表面性状判別手段に出力するよう形成され、

前記表面性状判別手段は、撮像された表面性状検出パターン光の光学的変調に基づき、前記被検査物の表面の性状を判別することを特徴とする非接触型測定装置。

## 3. 発明の詳細な説明

【産業上の利用分野】

本発明は被検査物表面までの距離と傾き(以下姿勢と記す)を非接触で測定する非接触型測定装置に関する。

【従来の技術】

従来より、光沢を有する被検査物表面の傾きを非接触で測定する装置が周知である。この従来装置は、内部にレーザ光源と、受光素子としてのフォトダイオードアレイとが所定の位置関係をもって配置されたプローブを有し、レーザ光源から射出されるビーム光を被検査物表面の所定位置に照射し（以下、照射されたビーム光のポイントを測定点と記す）、その正反射ビーム光をフォトダイオードアレイで受光している。

このとき、被検査物表面に角度 $\theta$ の方から入射されるビーム光は、正反射方向に反射されるが、被検査物表面が角度 $\delta$ だけ傾いたとすると、正反射ビーム光は $(\theta + 2\delta)$ の角度方向へ反射される。従って、正反射方向の所定位置に置かれたフォトダイオードアレイに入射するビーム光の位置から、この被検査物表面の傾き $\delta$ を検出することができる。

しかし、この従来装置は、所定の測定点を支点に被検査物表面が傾くことを前提にし、その傾き測定を行うものである。このため、プローブから

- 3 -

の傾きか、あるいは距離のどちらか一方しか検出できず、特に傾き測定については制約が激しく実用化が困難であった。従って、被検査物の表面性状を光学的に測定する場合には、接触型の姿勢制御装置を用いて位置決めを行わざるを得ず、その結果、例えば塗装直後の表面性状の測定等を行うことができないという問題があった。

〔発明が解決しようする課題〕

本発明は、このような従来の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、被検査物表面の姿勢、すなわち傾きおよび距離の双方を同時に正確に非接触で測定することができる非接触型測定装置を得ることにある。

また、本発明の他の目的は、被検査物の表面性状を非接触で光学的に正確に測定することができる非接触型測定装置を得ることにある。

〔問題点を解決するための手段〕

第1図には、本発明の非接触型測定装置の基本構成が示されている。

本発明の装置は、少なくとも2個以上のマーク

- 5 -

測定点までの距離の変化がある場合、すなわち変位を伴うような場合には、傾きの検出ができないという問題があった。

また、被検査物表面までの距離のみを非接触で測定する測定装置も知られており、このような測定装置としては、周知の三角測量の原理を利用した光学式距離センサ等があり、現在実用化されている。

しかし、この従来装置では、被検査物表面の傾きに対する影響を排除する構成としなければ、プローブと被検査物表面との距離を正確に測定することができないという問題があった。

また、光沢を有する被検査物表面の表面性状、例えば平滑性や光沢等を光学的に測定する場合には、被検査物表面と測定装置との間の距離および両者の相対的な傾き等を正確に測定し、前記距離および傾きが所定の基準値となるよう両者の位置関係を正確に測定し制御してやることが重要な条件となる。

しかし、前述した従来技術では、被検査物表面

- 4 -

を配した姿勢検出用マークパターン光を被検査物の表面14に向け投影するパターン投影手段12と、

前記パターン投影手段12と所定の位置関係を持つよう配置され、被検査物の表面14で反射されたマークパターン光を2次元情報として撮像する撮像手段16と、

撮像されたマークパターン光に含まれる各マークの2次元座標に基づき、前記被検査物の表面14に対する角度及び距離を姿勢情報として演算する姿勢演算手段22と、

を含むことを特徴とする。

上記構成において、パターン投影手段12と撮像手段16は、所定の位置関係を保ったまま一体として取り扱われる姿勢検知手段10として形成することが好ましい。

また、前記撮像手段16は、被検査物の表面14で反射されたマークパターン光を集光する結像手段18と、結像されたパターン光を二次元のマトリクス情報として撮像する二次元光電変換手段

- 6 -

20とを含むよう構成することが好ましい。

また、前記マークパターン光中に含まれるマークは、例えば光点ばかりでなく必要に応じて暗点を用い形成してもよい。

#### 発明の原理

次に、本発明の作用を説明するに先立って、本発明の原理を簡単に説明する。

本発明者は、光沢を有する被検査物表面14の傾きあるいは距離を非接触で測定する従来の測定技術について検討した。この結果、従来は、被検査物表面14の傾きか距離のどちらか一方しか測定できず、傾きと距離を同時にかつ分離して測定することはできなかった。

この原因を検討したところ、従来の測定技術では、光源あるいは光点を1つしか用いていないため、被検査物表面14の傾き情報と距離情報の双方を抽出できないことを見出だした。

さらに、傾きと距離の計測には、傾き成分と距離成分の2つの成分を含んだ情報が必要であるにもかかわらず、従来の測定技術では、どちらか一

方の成分を抽出するために他方の成分を犠牲にしたり、あるいは一方の成分の影響を受けないような構成にしたり、また影響を受けないような場合には両方の成分を分離できない構成になっていることが前記課題を解決できない主な原因であることに思い当たった。

そこで、本発明者は、少なくとも2個以上のマークを配した姿勢検出用マークパターン光を考え、これをパターン投影手段12から被検査物表面14へ向け投影した。

さらに、この被検査物表面14を、鏡と見たて、パターン投影手段12から投影されたマークパターン光が被検査物表面14を介して撮像手段16上に結像した状態で撮像すれば、間に介した被検査物表面14の姿勢に応じて、撮像した各マークの結像位置が変化すると考えた。すなわち、傾きと距離という2つの成分を含む姿勢計測には、これら2つの成分を決定しなければならない。これらの成分を抽出するための情報としては、独立した多点の情報が必要であり、かつ被検査物表面1

- 7 -

- 8 -

4の姿勢を反映する情報でなければならない。このため、基準となる前記マークパターンに焦点を合わせることで、これらの情報を得ることができるという結論に達した。

次に、第2図、第3図に基づき、本発明の測定原理をさらに詳細に説明する。

第2図は、マークパターン光内にマークを1つ与えた場合について示したものである。同図において44aはパターン投影手段12上におけるマークパターン投影面であり、54aは二次元光電変換手段20上におけるマークパターン受光面を表している。

まず最初に、第2図(a)に示すよう被検査物表面14が計測の基準位置にある場合について考えると、マークパターン投影面44a内におけるマークの座標点 $P_1$ は、被検査物表面14を介しマークパターン受光面54a上の座標点 $P_1'$ に達する。

ところが、被検査物表面14が測定基準位置にない場合でも、第2図(b)、(c)に示すよ

うな空間的位置関係にある場合には、マーク $P_1$ は同図(a)と同様にマークパターン受光面54a上の $P_1'$ で示される座標点に達してしまう。これでは、第2図(a)に示す場合と、第2図(b)、(c)に示す場合とを区別できず、被検査物表面14の傾きと距離を正確に測定することはできない。

これに対し、第3図には、マークパターン受光面44a上に2つのマーク $P_1$ 、 $P_2$ を与えた本発明の測定原理が示されている。ここで、 $P_1$ は第2図に示す $P_1$ と示す同じ座標位置にあり、 $P_2$ はこれと異なる座標位置に配設されている。さらに、第3図(a)、(b)、(c)における被検査物表面14の位置は第2図(a)、(b)、(c)における被検査物表面14の位置とそれぞれ対応している。

第3図(a)に示すよう、被検査物表面14が測定の基準位置にある場合、マークパターン44a上のマーク $P_1$ と $P_2$ は、それぞれマークパターン受光面54aの座標点 $P_1'$ 、 $P_2'$ に達す

- 10 -

- 9 -

る。

そして、第3図(b)、(c)に示すよう、被検査物表面14が測定の基本位置にない場合、マークP<sub>1</sub>は同様にマークパターン受光面54aの座標P<sub>1</sub>'に達する。しかし、マークP<sub>2</sub>は幾何学的考察により、第3図(b)では座標点P<sub>2,1</sub>'(≠P<sub>2</sub>' )に達し、第3図(c)では座標点P<sub>2,2</sub>'(≠P<sub>2</sub>' , P<sub>2,1</sub>' )に達することになる。

これは、被検査物表面14の位置関係が異なると、それに対応してマークパターン受光面54a上に結像する2個のマークの座標点が変わることを意味している。つまり、二次元光電変換手段20の受光面54aで受光されるマークパターンが異なるものになることを示している。もちろん、マークパターン光に含まれるマークの数は、もっと多くてもかまわないが、個々のマークを区別して認識できることが必要である。また、マークの数を多くすることによって、測定精度を高めることも可能である。

以上のことから、撮像したマークパターン光の

- 11 -

ターン光を投影すると、検査物表面14により反射・変調されたパターン光には被検査物表面14の物理情報が含まれる。このため、この反射パターンを解析処理することにより種々の表面性状を非接触で測定することが可能となる。

このように、本発明によれば、光沢を有する被検査物表面14の姿勢を非接触で正確に測定することができ、しかも検出された姿勢に基づき被検査物表面14を所定の基準位置に姿勢制御し、その表面性状をも良好に非接触測定可能であることが理解されよう。

#### 【作 用】

次に本発明の作用を説明する。

本発明の装置を用いて、姿勢検出を行う場合には、まずパターン撮影手段12から被検査物表面14へ向け姿勢検出用マークパターン光を投影する。

そして、このマークパターン光は、被検査物表面14で正反射され撮像手段16により受光される。このとき、結像手段12により、パターン投

- 13 -

マークの結像位置の変化を基に、撮像されたマークパターン光を解析すれば、姿勢検出手段10と被検査物表面14との相対的な姿勢、すなわち傾きと距離を非接触で同時に測定できることが理解されよう。

次に、被検査物表面14の表面性状を光学的に測定する場合について検討する。この場合には、通常、第3図(a)に示すように被検査物表面14を測定基準位置において測定の結像条件を設定するため、この位置関係が測定値に重大な影響を与える。このため、表面性状の測定を行うに当たっては、従来接触式の位置決めに頼っていた。これに対し、本発明では前述したように、所定の姿勢検出用マークパターン光により、被検査物表面14の傾きと距離からなる姿勢を非接触で測定できることから、これを利用すれば従来困難とされていた非接触位置決めを正確に行うことが可能となる。

そして、このようにして非接触位置決めされた被検査物表面14に対し、所定の表面性状検出パ

- 12 -

手段12の投影面44aに焦点が合うように設定されているため、投影されたマークパターン光は二次元光電変換手段20上に結像することになる。

本発明において、前記マークパターン光内には、少なくとも2個以上のマークが配置されており、これら各マークは、被検査物表面14の姿勢に応じて異なる位置で受光される。従って、二次元光電変換手段20で受光された各マークの二次元座標情報に基づき、姿勢演算手段22は、姿勢検出手段10と被検査物表面14との距離およびその相対的な傾きを演算することができる。

このように本発明によれば、マークパターン内の所定の位置に配置された複数のマークを、被検査物表面14を介して撮像することで、被検査物表面14の姿勢に応じて撮像される各マークの二次元座標位置が変化する。このときマークが1つの場合には被検査物表面14の姿勢、すなわち傾きおよび距離の双方を検出することはできないが、前記マークを少なくとも2つ以上与えることによ

- 14 -

って、初めて被検査物表面14の姿勢、すなわち傾きおよび距離の双方を非接触で同時にかつ正確に検出することが可能となる。

#### 〔発明の効果〕

以上説明したように本発明によれば、光沢を有する被検査物表面の姿勢、すなわち距離および角度を非接触で同時にかつ正確に検出することが可能となる。

#### 〔他の発明の説明〕

#### 〔第2の発明の説明〕

第2の発明の非接触型測定装置（請求項（2）記載）においては、検出された姿勢に基づき姿勢検出手段10と被検査物表面14との相対的な姿勢が所定の基準位置となるよう、両者の位置を相対制御する姿勢制御手段を含むことを特徴とする。

これにより、第2の発明によれば、測定された被検査物表面の姿勢に基づき、測定装置と被検査物との相対的な位置を非接触で基準位置に姿勢制御することが可能となる。

#### 〔第3の発明の説明〕

- 15 -

第3の発明の非接触型測定装置（請求項（3）記載）においては、基準位置に姿勢制御された被検査物表面14に対し、パターン投影手段12から所定の表面性状検出パターン光を投影し、その正反射光を撮像手段16を用いて2次元及び光学情報として撮像する。そして、撮像された表面性状検出パターン光の光学的変調に基づき、被検査物表面14の表面性状を測定する。

このようにして、第3の発明によれば、所定の基準位置に位置決め制御された被検査物表面の表面性状を非破壊、非接触で光学的に測定することが可能となる。

特に、従来の接触式位置決め制御手段を用いた場合には実現不可能であった分野、例えばFA（ファクトリ／フレキシブルオートメーション）の分野においても、被検査物表面の表面性状を光学的に測定することが可能となるという効果がある。

#### 〔実施例〕

次に本発明の好適な実施例を、塗装を施された

- 16 -

被検査物表面（以下塗面と記す）の表面性状、特に塗面の平滑性（うねりやゆず肌等）を測定する場合を例にとり説明する。

第4図には、本実施例の非接触型測定装置の好適な一例が示されている。実施例の測定装置は、塗装が終了しラインコンベア30上を次々と搬送されてくる被検査物32の塗面32aの表面性状を測定するものであり、ラインコンベア30の上方に配置された非接触プローブ40と、このプローブ40に接続された姿勢演算回路60及び表面性状判別回路70とを含む。

前記非接触プローブ40は、支持筐体42と、パターン投影装置44と、撮像装置としてTVカメラ46とを含む。支持筐体42は、下端を開口した筒状に形成され、その内部にパターン投影装置44とTVカメラ46とが所定の位置関係を保つように取付け固定されている。

前記パターン投影装置44は、第6図（A）に示す姿勢検出用マークパターン光100と、同図（B）に示す表面性状測定用マークパターン光2

- 17 -

00とを選択的に投影可能に形成されている。

そして、パターン投影装置44から投影された所定のパターン光は、支持筐体42の側面に設けられたミラー48を介し被検査物32の塗面32aへ向け投影される。そして、このパターン光は、塗面32aで正反射され、プローブ側面に設けられたミラー50を介しTVカメラ46により撮像される。

前記姿勢演算回路60は、前記非接触プローブ40を用い、プローブ40と塗面32aとの距離およびその傾き角を検出するよう形成されている。

すなわち、姿勢演算回路60は、第6図（A）に示す姿勢検出用マークパターンの投影を支持する第1の支持信号S1をパターン投影装置44へ向け出力する。これにより、パターン投影装置44からは、第6図（A）に示すマークパターン光100が投影され、これが塗面32aで正反射された後、撮像装置46で撮像される。撮像装置46は、このときの映像信号S2を姿勢演算回路60へ向け出力する。

- 18 -

姿勢演算回路60は、この映像信号S2を画像処理し、モニタディスプレイ60上に表示する。さらに、この映像信号を解析処理することにより、プローブ40と塗面32aとの間の距離および両者の相対的な傾きを演算し、これをモニタディスプレイ62上に表示すると共に、これを姿勢情報S3として姿勢制御装置64へ向け出力する。

姿勢制御装置64は、非接触プローブ40の姿勢を6軸制御するアクチュエータ66と、このアクチュエータ66を制御するアクチュエータコントローラ68とから構成されている。そして、姿勢演算回路60で検出された姿勢情報S3に基づき、塗面32aに対し非接触プローブ40が所定の基準位置となるようその姿勢制御を行う。

また、前記表面性状判別回路70は、塗面32aの表面性状を測定するよう形成されている。すなわち、塗面32aに対し非接触プローブ40が基準位置に姿勢制御されると、この表面性状判別回路70は、第6図(B)で示す表面性状検出パターン光200の投影を指示する第2の制御指令

- 19 -

反射角 $\theta$  (Z軸と $\ell_2$ とのなす角)の位置に設置されている。実施例では、この入射角 $\theta$ は、45°に設定されている。

また、前述したように、このパターン投影装置44は、姿勢演算回路60、表面性状判別回路70からの指令S1、S4に従って、第6図に示されるような姿勢検出用マークパターン光100と、表面性状検出パターン光200とを選択的に指示することができる。

本発明において、前記姿勢検出用マークパターン光100には少なくとも2つ以上のマーク110が与えられる。本実施例では、第6図(A)に示すようマークパターンを4分割し、各分割領域の中央に正形状した光点をマーク110として配置している。また、これらマーク110以外の領域は、暗い領域として形成されている。

また、前記表面性状検出パターン光200は、第6図(B)に示すよう、白黒等間隔の縞状の格子パターン(本実施例では3mmピッチとした)のものとして形成されている。

- 21 -

S4をパターン投影装置44へ向け出力する。これにより、パターン投影装置44は、このパターン光200を塗面32aへ向け投影し、その正反射光はTVカメラ46により撮像され、表面性状判別回路70へ向け映像信号S2として出力される。表面性状判別回路70は、このように映像信号S2として入力される検出パターン光の光学的変調に基づき、塗面32aの性状の判別を行い、その判別結果をモニターディスプレイ62上に表示する。

第5図には、プローブ40内に格納されたパターン投影装置44とTVカメラ46とを、ミラー48、50により面対称方向へ展開した状態が示されている。これは、光学的には第4図に示すプローブ40と全く同じ動作を行うものである。

この空間上において、XYZ3軸直交座標系(原点をOとする)を考えると、パターン投影装置44は、原点Oから距離 $\ell_1$ で、入射角 $\theta$  (Z軸と $\ell_1$ とのなす角)の位置に設置されている。また、TVカメラ46は、原点Oから距離 $\ell_2$ で、

- 20 -

そして、これらパターン投影装置44から、これら各パターン光が塗面32aへ向け投影されると、その正反射光がTVカメラ46で撮像されることになる。

実施例のTVカメラ46は、主点52aを有する結像レンズ52によりパターン投影装置44の表示面44aに焦点が合うように設計されている。さらに、この主点52aから二次元光電変換素子54の受光面54aまでの距離は、 $\ell$ に設定されている。これにより、パターン投影装置44の表示面44aに示された各パターン光は、塗面32aで正反射され、結像レンズ52を介し二次元光電変換素子54上に結像されることになる。

そして、この二次元光電変換素子54により撮像された両像データは、各パターン光の二次元データとして姿勢判別回路60、表面性状判別回路70へ向け出力される。

第7図には、前記姿勢演算回路60および表面性状判別回路70として機能するよう構成されたコンピュータ80の具体例な回路構成が示されて

- 22 -

いる。

このコンピュータ80は、周知のCPU82、ROM84、RAM86およびフレームメモリ88を中心とし、これら各部と入出力回路92、A/D変換部（以下画像入力回路と呼ぶ）94、D/A変換部（以下画像出力回路と呼ぶ）96とがバス90により相互に接続され、画像処理回路および論理演算回路として機能するように構成されている。

これにおいて、前記入出力回路92には、前記パターン投影装置44およびアクチュエータコントローラ68がそれぞれ接続されている。

また、画像入力回路94には、前記TVカメラ46が接続され、また画像出力回路96にはモニターディスプレイ62が接続されている。

本実施例は以上の構成からなり、次にこの装置を用いて、塗面32aの平滑性を非接触測定する場合の動作を説明する。なお、TVカメラ46から出力される画像データは、画像入力回路92によりデジタル信号にたえず変換され、常に最新の

- 23 -

TVカメラ1画面分の情報がフレームメモリ88に保存、更新されている。

第8図には、本実施例の平滑性測定動作の一例が示されている。

まず、パターン投影装置44は、姿勢演算回路60からの指令S1に基づき、第6図(A)に示す姿勢計測用マークパターン光100をラインコンベア30へ向け投影する。このときTVカメラ46は、塗装工程を終了した検査部品32が次々と搬送されてくるラインコンベア30の撮像動作を行っている（ステップ10）。

そして、コンピュータ80は、フレームメモリ88内に順次更新記憶される画像データに基づき、前記マークパターン光100が撮像可能となっているかどうかを解析し、ラインコンベア30を介して搬送されてくる部品検査の準備をする（ステップ20）。

このとき、ラインコンベア30上に、検査対象となるべき部品32がないと、マークパターン光100はラインコンベア上面の拡散表面DSで拡

- 24 -

散されてしまう。このため、TVカメラ46は、マークパターン光100を撮像できないため、コンピュータ80は、部品32は運ばれて来っていないと判別し、この準備処理を繰返して待機する（ステップ30、No）。

また、部品32がラインコンベア30により運ばれ、非接触プローブ40が設置されている所定の位置までくると、TVカメラ46は検査部品32の塗面32aで反射されるマークパターン光100を撮像することになる。これにより、コンピュータ80は、部品が運ばれたことを検出して、この処理から抜け（ステップ30、YES）、次の姿勢検出処理動作を開始する（ステップ40）。

この姿勢検出処理が開始されると、実施例の装置は、第9図に示す姿勢計測処理サブルーチンに移行し、塗面32aの姿勢を検出し、非接触プローブ40が平滑性測定可能となる基準位置に来るようその姿勢制御を行なう。

次に、このステップ40における処理手続を、第9図に示すフローチャート、第10図に示す非

- 25 -

接触プローブ40の座標系を用いて詳細に説明する。

まず、このサブルーチンの動作が開始されると、フレームメモリ88に保存されている画像データから、姿勢計測用のマークパターン内に設置された各マーク（P1、ただしiはマークに付された番号）に対応するマークP1'を全て抽出し、P1'のXYZ座標値を演算する（ステップ41）。

このとき、パターン投影装置44上に表示されていたマークパターン上の各マーク（P1）のXYZ座標値と、非接触プローブ40の各パラメータは既知であるため、これらの情報によって、塗面32aの姿勢、すなわちプローブ40から塗面32aまでの距離および角度を解析・演算することができる（ステップ42）。

すなわち、第10図に示すよう、塗面32aを、

$$ax + by + cz + d = 0 \quad (c > 0)$$

… (1)

- 26 -

で定義し、その法線ベクトルを  $r = (a, b, c)$ 、 $|r| = 1$  とすると、 $r$  は塗面 32a の傾きを表すことになる。

また、次のベクトルを考える。

$$Ci = \overrightarrow{Pi' 2c}, \quad Pi = \overrightarrow{Pi' Pi}$$

また、

$$Ki = Ci \times Pi$$

とする。

そして、2 個のマークを  $Pi, Pj (i \neq j)$  とすると、

$$r = \frac{Ki \times Kj}{|Ki \times Kj|} = (a, b, c),$$

但し  $i \neq j$  とする。

… (2)

となる。

さらに、前記  $d$  を求めると、

— 27 —

算する (ステップ 44)。

その後、この姿勢補正データに基づいて、非接触プローブ 40 が塗面 32a に対して基準位置にあるかどうかを判断する (ステップ 45)。

そして、姿勢補正データが 0 の場合には、非接触プローブ 40 は既に基準位置に設置されており、姿勢補正の必要がないと判断し、第 9 図に示すサブルーチンのフローから、第 8 図に示すメインルーチンに戻る (ステップ 45, YES)。

また、姿勢補正データが 0 以外の場合には、姿勢補正が必要であるため、サブルーチンの次の処理に進むことになる (ステップ 45, No)。

そして、姿勢補正が必要と判断されると、姿勢補正データは、アクチュエータコントローラ 68 に向け姿勢補正制御信号 S3 として出力され、アクチュエータ 66 が駆動制御される。これにより、非接触プローブ 40 は、検査部品 32 に対し測定基準位置に近付くよう姿勢補正制御される (ステップ 46)。

このような姿勢補正を、繰返すことにより、よ

— 29 —

$$d = \frac{[(r \cdot Pi)(r \cdot Ci) - (r \cdot Ci)(r \cdot Pi)] \cdot (Ci \times Pi)}{2[(r \cdot Ci) \cdot (Ci \times Pi)]} - r \cdot OPi \quad \dots (3)$$

となる。

ここで、式 (2)、(3) は、式 (1) の塗面方程式の係数を与えるため、これにより撮像系を基準にした座標系に対する塗面 32a の姿勢を知ることができる (ステップ 42)。例えば  $a = b = d = 0$  ならば、塗面 32a は測定基準位置にあることになる。

また、これから逆に、非接触プローブ 40 が塗面 32a の平滑性測定を行うための測定基準位置に対して、どのような姿勢にあるかを逆算することもできる (ステップ 43)。

そして、この非接触プローブ 40 を、どれだけ姿勢補正すれば、すなわち、どれだけ傾きおよび距離を補正移動すれば、塗面 32a に対し測定基準位置になるのかを指示できるように、ステップ 43 で求めた逆算値を姿勢補正データへと変換計

— 28 —

り正確に精度よく、非接触プローブ 40 を平滑性測定基準位置に姿勢制御することが可能となる。

ステップ 40 におけるこのような姿勢計測処理動作によって、非接触プローブ 40 が基準位置に設定されると、次にコンピュータ 80 は、第 6 図 (B) に示す平滑測定用パターン光 200 の投影指令 S4 をパターン投影装置 44 に向け出力する。これにより、パターン投影装置 44 から、このパターン光 200 が塗面 32a に向け投影され (ステップ 50)、平滑性測定が行われる (ステップ 60)。

すなわち、第 6 図 (B) に示す平滑性測定用パターン光 200 は、白黒等間隔の縞状格子パターンである。このため、これを歪みのない基準格子として、塗面 32a を介して TV カメラ 46 で撮像すると、塗面 32a の平滑性に応じて基準パターンの格子が歪むことになる。コンピュータ 80 は、この歪み具合を定量化して、塗面 32a の平滑性を測定評価することになる (ステップ 60)。

コンピュータ 80 は、この測定結果を画像出力

— 30 —



回路 96 を介してモニタディスプレイ 62 上に表示すると共に、RAM 86 内にそのデータを保存し（ステップ 70）、前記メインルーチンの最初のステップ 10 に戻り、次の部品に対して同様な処理を繰返す。

以上詳細に説明した本実施例の装置によれば、非接触で塗面 32a の平滑性測定を行なうことができるため、塗面 32a に対する制約がほとんどなく、塗面 32a を傷付けることなくしかも未乾燥の状態でも測定できることになる。

なお、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。

例えば、前記実施例では、被検査物表面の平滑性を測定した場合を例にとり説明したが、本発明はこれに限らず表面の光沢や傷等、各種の表面性状を非接触で測定することができる。

また、パターン投影装置 44 から投影される各種パターン光は、前記第 6 図（A）、（B）に示すようなパターン光に限らず、2次元のパターン

をもつものであれば、必要において任意のパターンを採用することもできる。

また、前記実施例では、姿勢検出用マークパターン光 100 内に 4 つのマークを配置した場合を例にとり説明したが、本発明はこれに限らず、これら各マークは 2 つ以上であれば必要に応じ任意の数とすることができる。さらに、本実施例ではマークの形を正方形としたが、識別できる形であれば任意の形状とすることもできる。

また、前記実施例では、被検査物表面 32a に対し、非接触プローブ 40 の姿勢を駆動制御する場合を例にとり説明したが、本発明はこれに限らず、必要に応じ被検査物の姿勢を制御するようにしてもよい。

#### 4. 図面の簡単な説明

第 1 図は、本発明にかかる非接触型測定装置の基本構成を示すブロック回路図、

第 2 図、第 3 図は、本発明の原理説明図、

第 4 図は、ベルトコンベア上を搬送されてくる塗装物表面の表面性状を測定するよう構成された

— 31 —

— 32 —

非接触型測定装置の好適な一例を示す説明図、

第 5 図は、非接触プローブの詳細な構成を示す説明図、

第 6 図は、表示パターンの説明図、

第 7 図は、本発明の要部を構成するのコンピュータの詳細な構成を示す回路図、

第 8 図、第 9 図は、本実施例の装置の動作を示すフローチャート図、

第 10 図は、非接触プローブの幾何学モデルの説明図である。

32 … 被検査物、32a … 塗面、

40 … プローブ、44 … パターン投影装置、

46 … TV カメラ、52 … レンズ、

54 … 二次元光電変換素子、

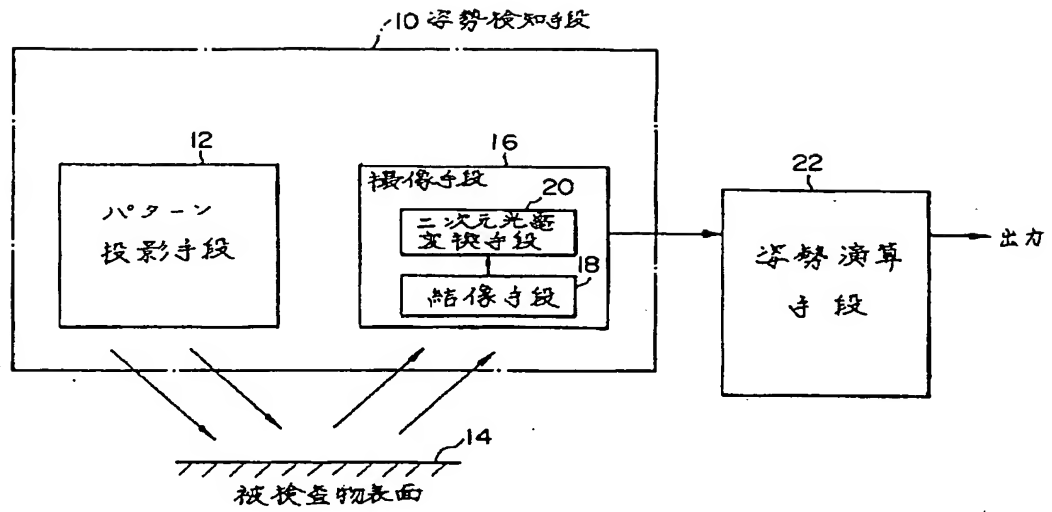
60 … 姿勢演算回路、

64 … 姿勢制御装置、70 … 表面性状判別回路。

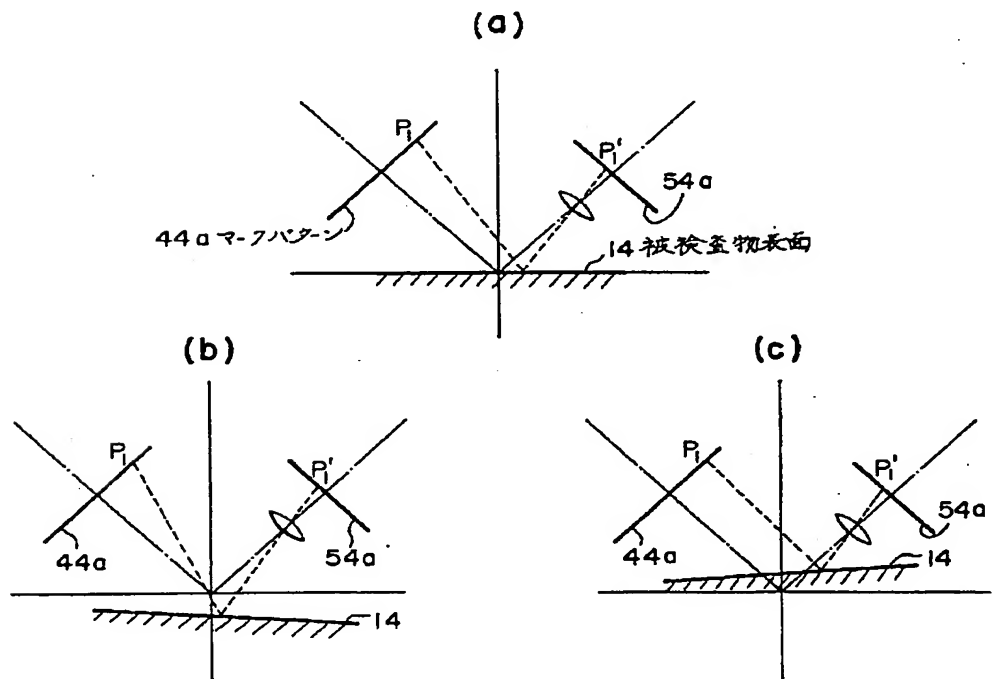
代理人 弁理士 布施 行 夫（他 1 名）

— 33 —

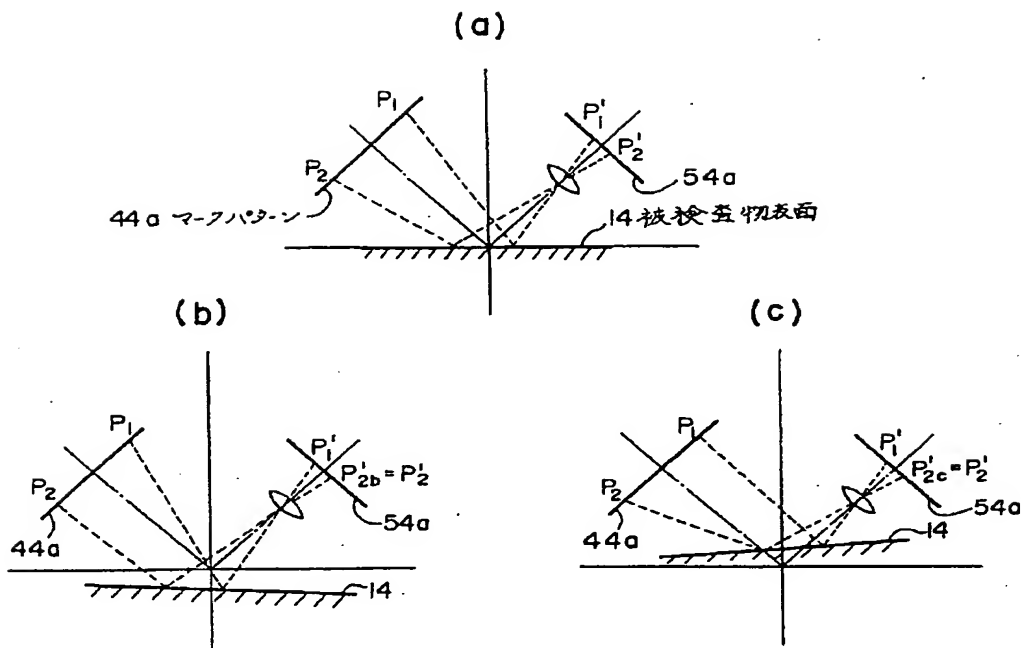
第 1 図



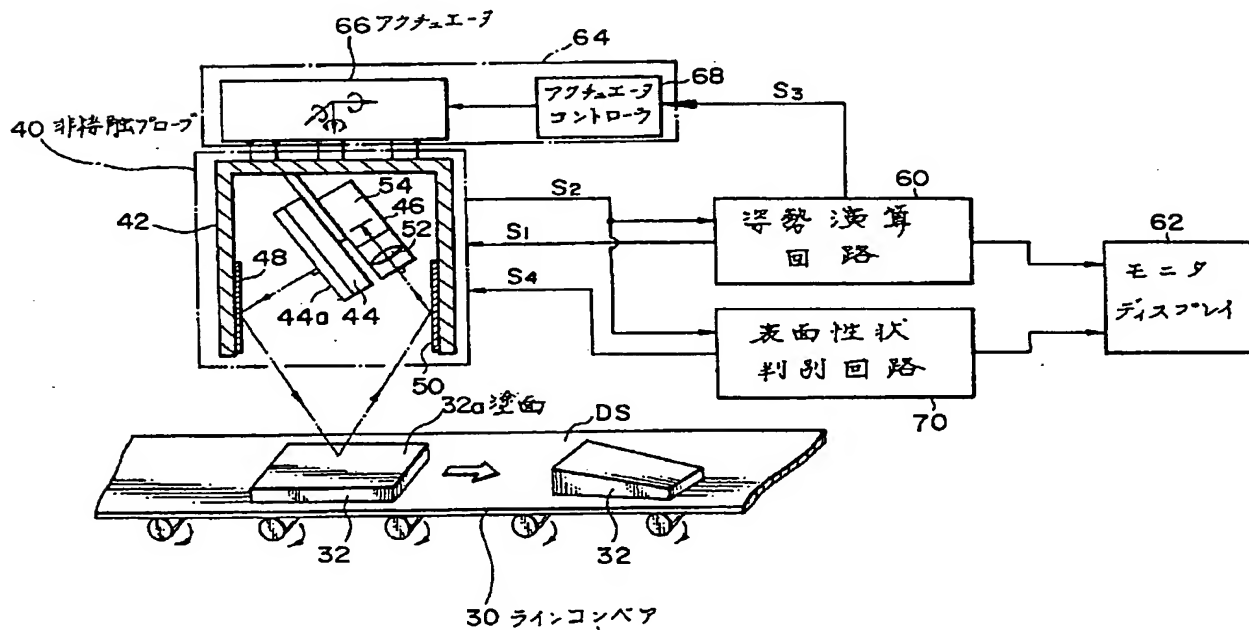
第 2 図



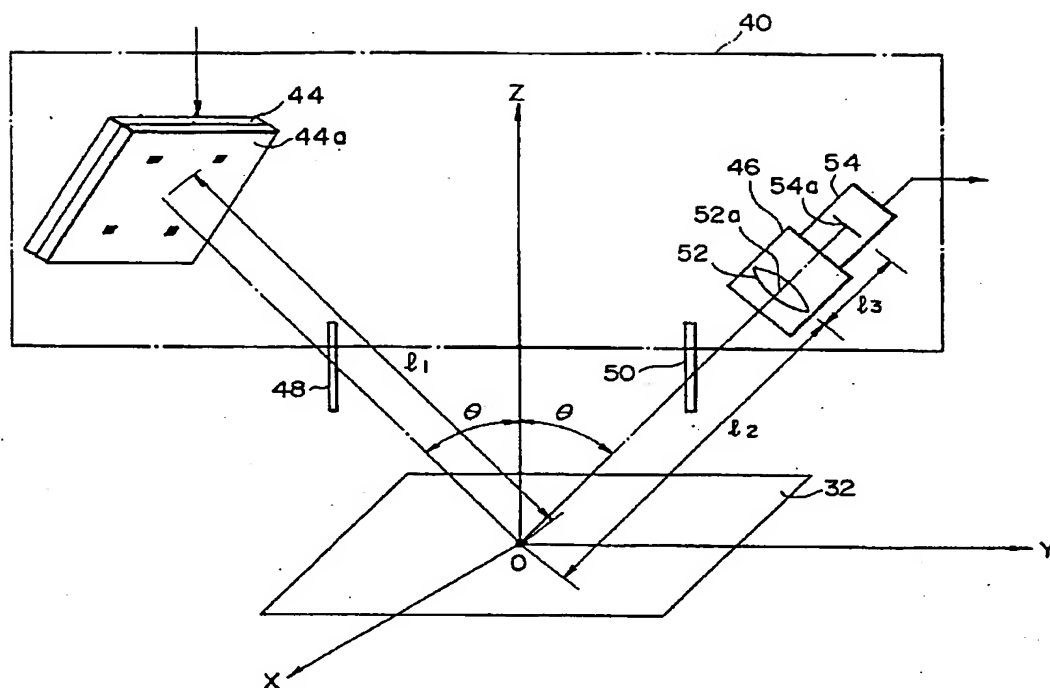
第 3 図



第 4 図

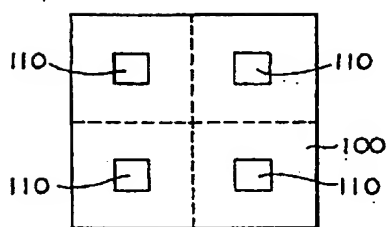


第 5 図

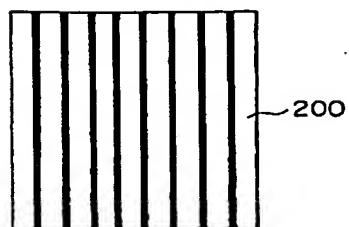


第 6 図

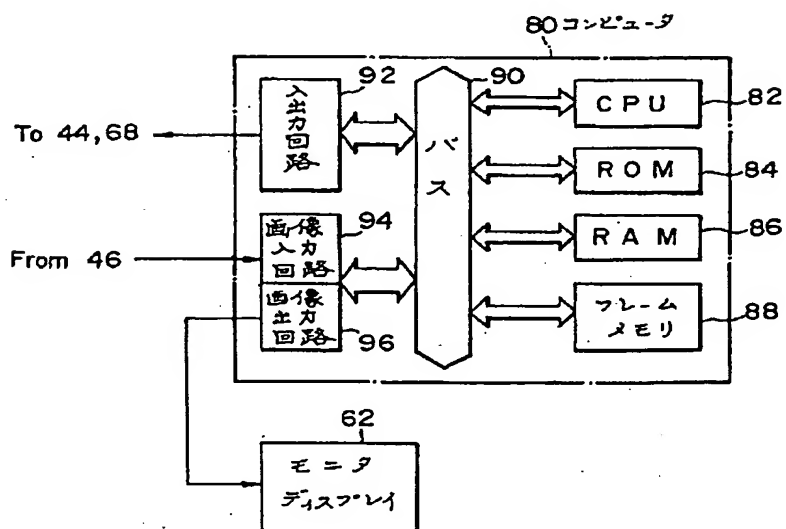
(A)



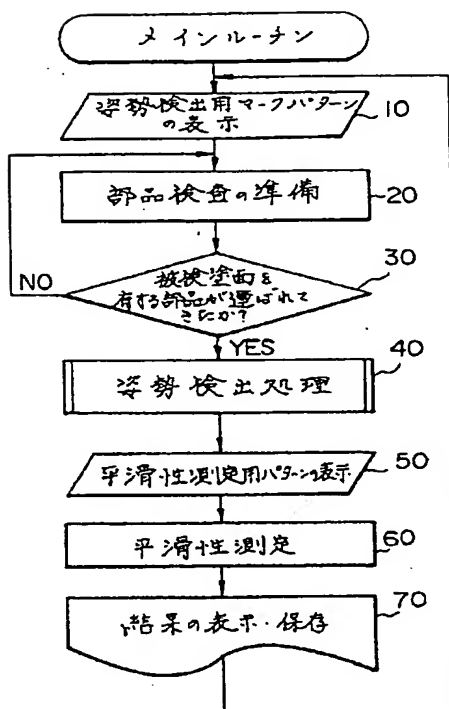
(B)



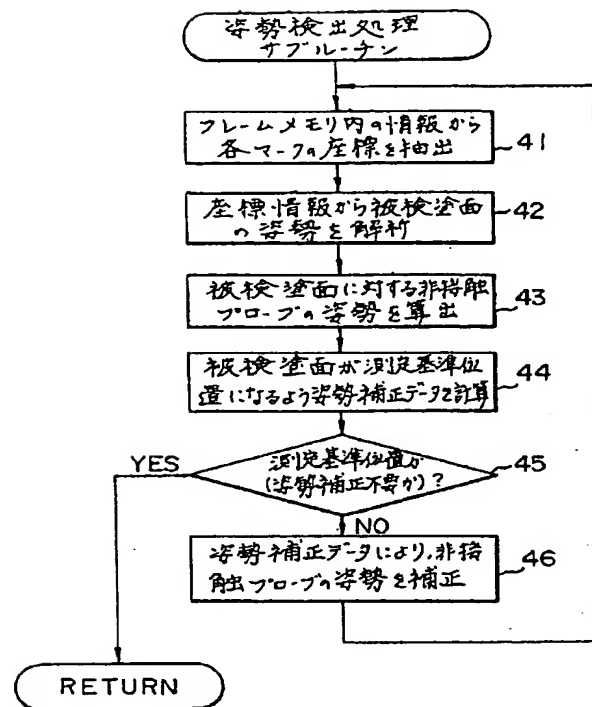
第 7 図



第 8 図



第 9 図



第 10 図

